دانش گیاهپزشکی ایران
دورهٔ ۴۶، شمارهٔ ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۴ (ص ۹۴-۸۷)

مقاومت به ایمیداکلوپرید در جمعیت‌های تریپس پیاز (*Thrips tabaci* (Thys. Thripidae جمع‌آوری‌شده از مزارع پیاز استان اصفهان

ابوالفضل ناظمی[1] و جهانگیر خواجه‌علی[2*]

۱. دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد حشره‌شناسی، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲. استادیار گروه گیاه‌پزشکی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۹/۱۳ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۳/۲۶)

چکیده

تریپس پیاز (*Thrips tabaci*) اصلی‌ترین آفت مزارع پیاز در استان اصفهان به حساب می‌آید. کشاورزان برای مبارزه با این آفت اغلب از آفت‌کش‌ها استفاده می‌کنند. یکی از حشره‌کش‌های کاربردی در برابر تریپس پیاز حشره‌کش ایمیداکلوپرید است. به منظور ارزیابی حساسیت تریپس در برابر این حشره‌کش ۱۰ جمعیت تریپس پیاز از نقاط اصلی پیازکاری در استان اصفهان انتخاب شد. این جمعیت‌ها پس از تکثیر در آزمایشگاه با استفاده از روش زیست‌سنجی غوطه‌وری برگ در معرض غلظت‌های مشخصی از آفت‌کش ایمیداکلوپرید قرار گرفتند. میزان LC_{50} به‌دست‌آمده با جمعیت هرند به عنوان مرجع حساس مقایسه شد. نتایج نشان‌دهندهٔ وجود سطوح متفاوتی از مقاومت در بیشتر جمعیت‌های بررسی‌شده بود. به منظور بررسی سازوکارهای ایجاد مقاومت، جمعیت‌های تریپس پیاز به‌صورت پیش‌تیمار در معرض دو سینرژیست PBO (پایپرونیل بوتوکساید) و DEM (دی‌اتیل مالئات) به‌ترتیب به عنوان مهارکنندهٔ مونواکسیژنازها و گلوتاتیون اس‌ترانسفرازها قرار گرفت. نتایج نشان داد که مکانیزم‌های آنزیمی مزبور در ایجاد مقاومت نقش اساسی ندارند. ردیابی مقاومت تقاطعی در بین جمعیت‌های مقاوم نشان داد که مقاومت تقاطعی بالایی در اغلب جمعیت‌های مقاوم به ایمیداکلوپرید در برابر استامی‌پرید حشره‌کش دیگری از گروه نئونیکوتینوئیدها وجود ندارد.

واژه‌های کلیدی: ایمیداکلوپرید، تریپس پیاز، مقاومت به حشره‌کش‌ها، مقاومت تقاطعی.

مقدمه

تریپس پیاز (*Thrips tabaci* Lindeman) از جمله مهم‌ترین آفات پیاز خوراکی (*Allium cepa*) و دیگر گونه‌های جنس *Allium* به حساب می‌آید (Martin *et al.*, 2008; Modarres avval, 2011). این آفت در تمام دنیا پراکنده شده و از جمله آفات پلی‌فاژ است (Burnstone, 2009; Capinera, 2001). در حال حاضر اصلی‌ترین روش مبارزه با این آفت استفاده از سموم شیمیایی است (Richardson & Wene, 1956; Diaz-Montano *et al.*, 2011). در مزارع پیازکاری استان اصفهان مبارزهٔ شیمیایی با این آفت با استفاده از سموم حشره‌کش و در چندین مرحله انجام می‌گیرد. نرخ باروری بالا، سرعت رشد زیاد و همچنین تعیین جنسیت به‌صورت هاپلو- دی‌پلوئیدی، تریپس پیاز را سریعاً در برابر سموم شیمیایی مقاوم می‌کند (Gao *et al.*, 2012; Jensen, 2000). رعایت نکردن اصول مدیریت مقاومت در برابر سموم از جمله

* تلفن: ۳۳۹۱۳۴۰۳- ۰۳۱
E-mail: khajeali@cc.iut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

فقدان برنامهٔ تناوب در انتخاب حشره‌کش‌های گروه‌های مختلف شیمیایی سرعت بروز مقاومت را بیش از پیش افزایش می‌دهد. تاکنون گزارش رسمی از بروز مقاومت *T. tabaci* به سموم آفت‌کش در استان اصفهان وجود نداشته است و شکایت کشاورزان از طغیان آفت تریپس در مزارع، ارزیابی مقاومت این آفت در برابر سموم مختلف را توجیه می‌کند.

نقش مکانیزم‌های آنزیمی سم‌زدایی در مقاومت تریپس‌ها مشخص شده است. توانایی تشخیص آنزیم‌های مرتبط با مقاومت در یک وضعیت صحیح نقش مهمی در استراتژی‌های مدیریت مقاومت در برابر حشره‌کش‌ها دارد. مطالعات قبلی نشان داده است که کاهش نفوذ، سم‌زدایی با مونواکسیژنازها، افزایش فعالیت استیل کولین استراز و غیرحساس شدن استیل کولین استراز از جمله مکانیزم‌های ممکن در ایجاد مقاومت به شمار می‌رود (Broadbent & Pree, 1997; Yu, 2008; Zhao *et al*., 2005).

یکی از حشره‌کش‌های کاربردی در برابر *T. tabaci* ایمیداکلوپرید از گروه نئونیکوتینوئیدها است. این سم روی گیرنده‌های استیل کولین در پس‌سیناپس سیستم عصبی مرکزی تأثیر می‌گذارد (Yu, 2008). نئونیکوتینوئیدها پس از عرضه در سال ۱۹۹۱، به دلیل طیف وسیع حشره‌کشی، روش‌های مختلف کاربرد و سمیت نسبتاً کم برای موجودات غیرهدف، سریع‌ترین رشد در بازار فروش حشره‌کش‌ها را به خود اختصاص داده‌اند (Crossthwaite *et al*., 2014). مقاومت در برابر ایمیداکلوپرید تاکنون در ۱۸ گونه از حشرات گزارش شده است که *T. tabaci* از آن جمله‌اند (The Insecticide Resistance Action Committee (IRAC); Bielza, 2008). بیشتر موارد گزارش‌شدهٔ مقاومت به این گروه به افزایش متابولیسم آنزیمی نسبت داده شده است (Crossthwaite, 2014; Espinosa *et al*., 2002; Espinosa *et al*., 2005).

به منظور ارزیابی میزان مقاومت جمعیت‌های مختلف *T. tabaci* به حشره‌کش ایمیداکلوپرید از مناطق مختلف استان اصفهان جمعیت‌های تریپس جمع‌آوری شد. میزان مقاومت آنها نسبت به جمعیت حساس با انجام زیست‌سنجی محاسبه گردید و مقاومت تقاطعی جمعیت‌های مقاوم به ایمیداکلوپرید نسبت به حشره‌کش استامی‌پرید بررسی شد و برای مشخص شدن نقش آنزیم‌های مهم تجزیه‌کننده از سینرژیست‌ها به‌صورت پیش‌تیمار استفاده گردید.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری و پرورش *T. tabaci*

جمعیت‌های مختلف *T. tabaci* از مناطق مختلف استان اصفهان شامل هرند، ابریشم (شهر ابریشم)، برکان، درچه، قهدریجان، حیدرآباد، دانشگاه (حومهٔ دانشگاه صنعتی اصفهان)، جار، زازران و زیار جمع‌آوری شد (جدول ۱).

جدول ۱. موقعیت مزارع پیاز نسبت به شهر اصفهان برای جمع‌آوری جمعیت‌های تریپس پیاز

نام جمعیت	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	موقعیت مزرعه
هرند	۳۲,۵۶۱۸۳	۵۲,۴۳۵۷۱	۸۵ کیلومتری شرق اصفهان
ابریشم	۳۲,۵۵۶۲۶	۵۱,۵۷۲۸۹	۱۰ کیلومتری جنوب اصفهان
برکان	۳۲,۵۱۲۰۹	۵۱,۹۱۳۳۸	۲۷ کیلومتری جنوب شرقی اصفهان
درچه	۳۲,۶۱۳۰۵	۵۱,۵۵۳۰۸	۱۲ کیلومتری جنوب غربی اصفهان
قهدریجان	۳۲,۵۷۷۱۷	۵۱,۴۵۳۹۲	۲۴ کیلومتری جنوب غربی اصفهان
حیدرآباد	۳۲,۵۴۱۷۶	۵۱,۷۷۸۴۶	۱۲ کیلومتری شرق اصفهان
دانشگاه	۳۲,۶۹۱۵۸	۵۱,۵۵۰۷۷	۵ کیلومتری غرب اصفهان
جار	۳۲,۵۶۹۰۳	۵۱,۷۵۹۵۷	۲۴ کیلومتری جنوب شرقی اصفهان
زازران	۳۲,۶۰۳۶۰	۵۱,۴۹۷۸۸	۱۹ کیلومتری جنوب غربی اصفهان
زیار	۳۲,۵۰۵۱۷	۵۱,۹۳۷۷۶	۳۳ کیلومتری جنوب شرقی اصفهان

Archive of SID

www.SID.ir

نمونه‌برداری از مهر سال ۱۳۹۱ تا شهریور سال ۱۳۹۲ انجام گرفت. جمع‌آوری حشرات بالغ با استفاده از آسپیراتور انجام گرفت و حشرات بالغ *T. tabaci* هر منطقه به‌طور جداگانه جمع‌آوری شدند.

به‌منظور بررسی مقاومت تریپس پیاز در جمعیت‌های مختلف موجود در مزارع پیازکاری استان اصفهان، ۹ جمعیت از مزارع تحت فشار سم‌پاشی انتخاب شد. برای مقایسهٔ مقادیر غلظت‌های کشندهٔ ۵۰٪ (LC_{50}) به‌دست‌آمده در این جمعیت‌ها، جمعیتی از منطقهٔ هرند به عنوان مرجع حساس انتخاب شد. در مزارع پیازکاری این منطقه مبارزهٔ اختصاصی با استفاده از سموم شیمیایی در برابر تریپس پیاز انجام نگرفته است. جمعیت‌های جمع‌آوری‌شده در آزمایشگاه بر اساس مشخصات مرفولوژیک جداسازی شدند و گونهٔ تریپس پیاز (*T. tabaci*) هر جمعیت در ظروف مخصوص با استفاده از غلاف لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) چندین نسل پرورش یافت و همسن‌سازی شد (Herron *et al*., 2006; Lewis, 1997; Martin *et al*., 2005).

زیست‌سنجی

زیست‌سنجی به روش غوطه‌وری برگ با استفاده از برگ گیاه لوبیا و به‌مدت پنج ثانیه انجام گرفت (Martin *et al*., 2003). دیسک‌های برگی تیمارشده در پتری دیش حاوی آگار قرار گرفت و برای هر تکرار ۱۰ پوره تریپس سن دوم (هم‌سن‌سازی‌شده) به این پتری‌ها اضافه گردید. پتری‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت در شرایط آزمایشگاهی (۲۷ درجهٔ سلسیوس، رطوبت نسبی ۷۰ درصد و دورهٔ نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی) قرار گرفتند و مرگ‌ومیر پس از آن اندازه‌گیری شد. این آزمایش با حداقل چهار غلظت از سم ایمیداکلوپرید و حداقل در سه تکرار انجام گرفت و در هر تکرار ۱۰ پوره تریپس سن دوم تیمار شد. پس از تعیین LC_{50} در جمعیت‌های مختلف، به منظور مقایسهٔ میزان مقاومت در این جمعیت‌ها نسبت به جمعیت حساس هرند پارامتر نرخ مقاومت (Resistance Ratio = RR) با استفاده از معادلهٔ ۱ محاسبه شد.

$$RR = \frac{LC_{50}\ \text{جمعیت مقاوم}}{LC_{50}\ \text{جمعیت حساس}} \qquad (۱)$$

پیش‌تیمار سینرژیست‌ها

برای تعیین نقش آنزیم‌ها در ایجاد مقاومت از دو سینرژیست پایپرونیل بوتوکساید (PBO) و دی‌اتیل مالئات (DEM) به‌صورت پیش‌تیمار استفاده شد. با توجه به آزمایش‌های مقدماتی انجام‌گرفته روی حدود ۱۰۰ پورهٔ سن دوم تریپس پیاز غلظت به‌کاررفته از هر دو سینرژیست g/lit ۱ در نظر گرفته شد تا ضمن بالاترین تأثیر سینرژیستی کمترین مرگ‌ومیر (مرگ‌ومیر کمتر از ۲۰ درصد) را در تیمارها ایجاد کند. به منظور این آزمایش، ابتدا سینرژیست در پتری دیش ریخته شد و همهٔ دیواره‌های آن به‌مدت پنج دقیقه با سینرژیست پوشش داده شد. پس از آن، محلول سینرژیست خارج شد و بعد از اینکه رطوبت سطحی آن از بین رفت، تعداد مورد نیاز پورهٔ سن دوم تریپس به آن اضافه گردید. پوره‌ها به‌مدت دو ساعت در این شرایط قرار گرفتند و پس از آن روی دیسک‌های برگی تیمارشده با سم ایمیداکلوپرید منتقل شدند. با اندازه‌گیری میزان LC_{50} در هر جمعیت میزان تأثیر سینرژیست‌ها به کمک پارامتر نسبت سینرژیستی (Synergistic Ratio = SR) با استفاده از (معادلهٔ ۲) محاسبه شد.

$$RR = \frac{LC_{50}\ \text{بدون پیش‌تیمار سینرژیست}}{LC_{50}\ \text{پس از پیش‌تیمار با سینرژیست}} \qquad (۲)$$

ردیابی مقاومت تقاطعی

به منظور بررسی مقاومت تقاطعی در بین جمعیت‌ها، چهار جمعیت دارای بالاترین مقاومت انتخاب شدند و مقاومت آنها در برابر سم استامی‌پرید از همین گروه شیمیایی در مقایسه با جمعیت حساس هرند محاسبه گردید.

تجزیه و تحلیل

مقادیر غلظت‌های کشندهٔ (LC_{50}) و حدود اطمینان ۹۵٪ با استفاده از نرم‌افزار POLO-Plus تخمین زده شد. اگر حدود اطمینان ۹۵٪ آنها شامل مقدار یک نبود، اختلاف بین دو جمعیت معنادار در نظر گرفته شد و زمانی که حدود اطمینان آنها هم‌پوشانی نداشت، نسبت‌های مقاومت و سینرژیستی دارای اختلاف معنادار در نظر گرفته شد (α = ۰/۰۵).

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج و بحث

اندازه‌گیری میزان LC_{50} جمعیت‌های مختلف و مقایسهٔ آنها با LC_{50} جمعیت هرند (LC_{50}=۳/۰۴) نشان داد که جمعیت قهدریجان با LC_{50} برابر با ۳۸/۲۴ mg/kg بیشترین مقاومت (RR=۱۲/۵۶) را نسبت به سم ایمیداکلوپرید دارد (جدول ۲). جمعیت‌های دانشگاه، حیدرآباد، برکان و زیار به‌ترتیب با نسبت مقاومت (Resistance Ratio=RR) ۵/۷۴، ۳/۵۵، ۲/۲۵ و ۲/۶۳ بیشترین مقاومت را پس از جمعیت قهدریجان نشان دادند. در جمعیت‌های ابریشم (RR=۱/۸۱)، درچه (RR=۱/۶۱)، زازران (RR=۱/۴۷) و جار (RR=۱/۳۲) مقاومت شایان توجهی محاسبه نشد. در مطالعات قبلی مقاومت ایمیداکلوپرید در ۱۸ گونهٔ دیگر از حشرات مشاهده شده است (The Arthropod Pesticide Resistance Database). مقاومت به این سم در جمعیت‌های تریپس پیاز استرالیا با نسبت مقاومت حدود ۴۴ برابر مشاهده شده است (Herron *et al.*, 2008).

جدول ۲. نتایج تجزیهٔ پروبیت بین درصد تلفات لارو سن ۲ و لگاریتم غلظت حشره‌کش ایمیداکلوپرید در ۱۰ جمعیت تریپس پیاز جمع‌آوری‌شده از مزارع پیاز اصفهان

تیمار	تعداد[۱]	LC50[۲]	شیب ± خطای استاندارد	χ^2[۳]	درجهٔ آزادی	نسبت مقاومت (RR)[۴]
هرند	۱۸۰	۳/۰۴ (۲/۳۷-۳/۸۱)	۲/۳۸۶±۰/۳۴۸	۱۱/۶۷۳	۱۳	-
شهر ابریشم	۱۵۰	۵/۵۰ (۴/۱۲-۷/۳۰)	۲/۱۲±۰/۳۹۷	۱/۲۸۸	۱۰	۱/۸۱ (۱/۲۷-۲/۵۸)
برکان	۱۵۰	۶/۸۴ (۵/۲۵-۸/۹۰)	۲/۳۰۹±۰/۴۱۱	۳/۸۳۶	۱۰	۲/۲۵ (۲/۳۷-۳/۸۱)
درچه	۱۵۰	۴/۸۸ (۳/۰۶-۷/۱۶)	۱/۵۵±۰/۳۸۵	۰/۵۷۵	۱۰	۱/۶۱ (۱/۰۳-۲/۵۰)
قهدریجان	۱۸۰	۳۸/۲۴ (۲۵/۰۰-۷۶/۵۱)	۱/۱۵۹±۰/۲۶۶	۴/۳۶۶	۱۳	۱۲/۵۶ (۷/۲۸-۲۱/۶۹)
حیدرآباد	۱۵۰	۱۰/۸۱ (۸/۱۹-۱۴/۵۲)	۲/۱۲۹±۰/۳۹۸	۰/۹۷۲	۱۰	۳/۵۵ (۲/۴۹-۵/۰۷)
دانشگاه	۱۵۰	۱۷/۴۸ (۱۲/۱۹-۳۱/۹۱)	۱/۷۳۱±۰/۴۴۳	۳/۶۰۸	۱۰	۵/۷۴ (۳/۵۸-۹/۲۰)
جار	۱۸۰	۴/۰۲ (۳/۰۲-۵/۲۳)	۲/۰۱۶±۰/۳۰۷	۵/۸۱۳	۱۳	۱/۳۲ (۰/۹۳-۱/۸۸)
زازران	۱۵۰	۴/۴۸ (۲/۳۷۸-۸/۵۱)	۰/۹۷۵±۰/۳۶۶	۱/۱۸۸	۱۰	۱/۴۷ (۰/۷۹-۲/۷۳)
زیار	۱۸۰	۸/۰۰ (۶/۲۹-۱۰/۱۸)	۲/۳۵۴±۰/۳۲۹	۳/۷۴۰	۱۳	۲/۶۳ (۱/۸۹-۳/۶۶)

۱. تعداد تریپس آزمایش‌شده؛ ۲. غلظت کشندهٔ ۵۰ درصد جمعیت (mg/kg)؛ ۳. مدل خطی Chi-square؛ ۴. نسبت مقاومت (حساس LC_{50} / مقاوم LC_{50})

در بررسی تأثیر پیش‌تیمار دو سینرژیست PBO و DEM مشاهده شد که تأثیر سینرژیست PBO روی جمعیت قهدریجان، برکان و حیدرآباد معنادار بود (جدول ۳). نسبت سینرژیستی (Synergistic Ratio= SR) جمعیت قهدریجان نسبت به این سینرژیست ۱/۸۷ بود که تفاوت معناداری با نسبت سینرژیستی جمعیت هرند (SR=۱/۲۲) نداشت.

پیش‌تیمار سینرژیست DEM نیز نشان داد که بالاترین نسبت سینرژیستی مربوط به جمعیت‌های برکان و دانشگاه (SR=۱/۰۹) و بدون اختلاف معنادار با نسبت سینرژیستی جمعیت هرند (SR=۱/۰۴) محاسبه شد (جدول ۴). این نتایج نشان داد که سیستم‌های آنزیمی مونواکسیژنار و گلوتاتیون اس‌ترانسفراز نقش عمده‌ای در ایجاد مقاومت جمعیت‌های تریپس پیاز جمع‌آوری‌شده در این تحقیق نداشته‌اند.

ارتباط قوی در افزایش بیان ژن‌های مونواکسیژنار P_{450} و مقاومت به نئونیکوتینوئیدها در *Bemisia tabaci*، *Trialeurodes vaporariorum*، *Nilaparvata lugens*، *Myzus persicae* و *Leptinotarsa decemlineata* دیده شده است، در حالی که دخالت سطوح افزایش‌یافتهٔ استرازها و گلوتاتیون اس‌ترانسفرازها با موارد مقاومت در چندین گونهٔ دیگر گزارش شده است (Nauen & Denholm, 2005; Crossthwaite *et al.*, 2014).

در بررسی مکانیزم مقاومت در جمعیت‌های تریپس غربی گل (*Frankliniella occidentalis*) در چین

Archive of SID

www.SID.ir

مشاهده شده است که سینرژیست PBO و تری‌فنیل فسفات (TPP) بر خلاف DEM در توقف مقاومت در برابر سم تیامتوکسام از همین گروه نقش اساسی دارد (Gao *et al.*, 2012). تأثیر سینرژیست PBO به عنوان مهارکنندهٔ آنزیم‌های مونواکسیژناز و TPP به عنوان مهارکنندهٔ استرازها نشان می‌دهد که ترکیبی از فعالیت‌های اکسیدازها و کربوکسی‌استرازها در مقاومت تریپس غربی گل به سموم نئونیکوتینوئید نقش دارند (Bielza *et al.*, 2007). نشان داده شده است که در جمعیت‌های سفیدبالک (*Bemisia tabaci*) مقاوم به ایمیداکلوپرید، مونواکسیژنازها و کربوکسی‌استرازها نقش اساسی دارند (Feng *et al.*, 2010). انجام آزمایش‌های مربوط به بررسی میزان حساسیت گیرنده‌های استیل کولین در حشرات مقاوم و حساس سفیدبالک مشخص کرد که غیرحساس شدن منطقهٔ هدف نمی‌تواند در ایجاد مقاومت سفیدبالک در برابر نئونیکوتینوئیدها نقش داشته باشد (Nauen & Denholm, 2005). در شتهٔ سبز هلو *Myzus persicae* مقاومت به نئونیکوتینوئیدها با افزایش بیان ژن‌های سیتوکروم P_{450} در ارتباط است (Gao *et al.*, 2014). در جمعیت‌های سفیدبالک مقاوم به سموم نئونیکوتینوئید بیان چند ژن از جمله *Cyp6g1* و *Cyp3a4* در سیتوکروم P_{450} مشاهده شده است که با مقاومت مزبور در ارتباط است (Foster *et al.*, 2010).

جدول ۳. تأثیر پیش‌تیمار سینرژیست PBO بر سمیت ایمیداکلوپرید در ۱۰ جمعیت تریپس پیاز جمع‌آوری‌شده از مزارع پیاز اصفهان

تیمار	تعداد[۱]	LC50[۲]	شیب ± خطای استاندارد	χ^2[۳]	درجهٔ آزادی	نسبت سینرژیستی (SR)[۴]
هرند	۱۵۰	۲/۴۹ (۱/۷۵-۳/۳۹)	۱/۹۴۳±۰/۴۰۷	۱/۷۹۴	۱۰	۱/۲۲ (۰/۸۳-۱/۸۰)
شهر ابریشم	۱۵۰	۴/۲۲ (۳/۰۶-۵/۴۲)	۲/۷۰۶±۰/۴۶۵	۴/۶۴۶	۱۰	۱/۳۰ (۰/۸۹-۱/۹۱)
برکان	۱۵۰	۳/۸۰ (۲/۳۹-۵/۶۱)	۱/۸۵۶±۰/۴۴۵	۲/۵۵۶	۱۰	۱/۸۰ (۱/۱۴-۲/۸۶)
درچه	۱۵۰	۴/۲۲ (۲/۷۶-۵/۷۶)	۱/۹۳۶±۰/۴۲۲	۲/۹۸۶	۱۰	۱/۱۶ (۰/۷۰-۱/۹۲)
قهدریجان	۱۸۰	۲۰/۴۸ (۱۴/۳۴-۳۰/۹۵)	۱/۵۹۱±۰/۳۹۲	۳/۴۵۱	۱۳	۱/۸۷ (۱/۰۲-۳/۴۱)
حیدرآباد	۱۵۰	۶/۶۲ (۴/۸۴-۹/۵۲)	۱/۸۲۰±۰/۳۸۲	۰/۴۴۶	۱۰	۱/۶۳ (۱/۰۸-۲/۴۷)
دانشگاه	۱۵۰	۱۱/۵۲ (۸/۳۰-۱۵/۲۵)	۲/۰۲۸±۰/۴۲۸	۳/۸۶۰	۱۰	۱/۵۲ (۰/۹۲-۲/۵۰)
جار	۱۵۰	۳/۶۰ (۲/۵۱-۵/۵۵)	۱/۷۶۲±۰/۴۲۷	۱/۵۰۵	۱۰	۱/۱۱ (۰/۷۱-۱/۷۴)
زازران	۱۵۰	۳/۳۸ (۲/۳۰-۵/۱۲)	۱/۷۸۳±۰/۴۳۸	۳/۹۳۹	۱۰	۱/۳۳ (۰/۶۸-۲/۶۰)
زیار	۱۵۰	۶/۳۰ (۴/۲۶-۹/۶۶)	۱/۵۸۶±۰/۳۸۹	۱/۷۵۷	۱۰	۱/۲۷ (۰/۸۲-۱/۹۶)

۱. تعداد تریپس آزمایش‌شده؛ ۲. غلظت کشندهٔ ۵۰ درصد جمعیت (mg/lit)؛ ۳. مدل خطی Chi-square؛ ۴. نسبت سینرژیستی

جدول ۴. تأثیر پیش‌تیمار سینرژیست DEM بر سمیت ایمیداکلوپرید در ۱۰ جمعیت تریپس پیاز جمع‌آوری‌شده از مزارع پیاز اصفهان

تیمار	تعداد[۱]	LC_{50}[۲]	شیب±خطای استاندارد	χ^2[۳]	درجهٔ آزادی	نسبت سینرژیستی (SR)[۴]
هرند	۱۵۰	۲/۹۳ (۲/۰۵-۴/۱۷)	۱/۷۹۴±۰/۳۹۷	۱/۳۷۵	۱۰	۱/۰۴ (۰/۷۰-۱/۵۵)
شهر ابریشم	۱۵۰	۵/۰۳ (۳/۴۰-۶/۸۱)	۲/۳۰۹±۰/۴۷۳	۴/۸۱۶	۱۰	۱/۱۰ (۰/۷۲-۱/۶۷)
برکان	۱۸۰	۶/۲۷ (۴/۵۰-۸/۴۹)	۲/۱۲۵±۰/۳۷۴	۵/۸۶۶	۱۳	۱/۰۹ (۰/۷۴-۱/۶۲)
درچه	۱۵۰	۴/۹۷ (۳/۴۲-۶/۸۶)	۱/۸۵۱±۰/۴۰۰	۱/۴۴۲	۱۰	۰/۹۸ (۰/۶۰-۱/۶۱)
قهدریجان	۱۵۰	۴۲/۳۱ (۳۰/۷۲-۵۵/۱۴)	۲/۱۷۵±۰/۴۰۹	۴/۴۱۹	۱۰	۰/۹۰ (۰/۵۱-۱/۵۹)
حیدرآباد	۱۵۰	۱۱/۱۶ (۸/۰۶-۱۵/۱۲)	۲/۱۰۶±۰/۵۷۵	۱/۰۸۲	۱۰	۰/۹۷ (۰/۶۶-۱/۴۲
دانشگاه	۱۵۰	۱۶/۱۱ (۱۱/۳۱-۲۴/۵۳)	۱/۸۲۶±۰/۴۲۸	۳/۳۷۹	۱۰	۱/۰۹ (۰/۶۴-۰/۸۵)
جار	۱۵۰	۳/۷۵ (۲/۴۲-۶/۶۳)	۱/۵۲۳±۰/۴۳۳	۲/۰۱۴	۱۰	۱/۰۷ (۰/۶۵-۱/۷۷)
زازران	۱۵۰	۴/۳۴ (۳/۳۲-۵/۴۹)	۲/۵۴۰±۰/۴۳۲	۴/۵۳۹	۱۰	۱/۰۳ (۰/۵۵-۱/۹۲)
زیار	۱۵۰	۸/۲۸ (۵/۶۷-۱۱/۰۷)	۲/۰۲۸±۰/۴۱۸	۷/۳۷۶	۱۰	۰/۹۷ (۰/۶۶-۱/۴۳)

۱. تعداد تریپس آزمایش‌شده؛ ۲. غلظت کشندهٔ ۵۰ درصد جمعیت (mg/lit)؛ ۳. مدل خطی Chi-square؛ ۴. نسبت سینرژیستی

Archive of SID

www.SID.ir

نظیر دیگر گروه‌های اصلی حشره‌کش‌ها، تغییر در محل تأثیر به عنوان مکانیسم مقاومت در برابر نئونیکوتینوئیدها نیز شناخته شده است. نقش برخی جهش‌ها در زیر واحدهای گیرنده‌های نیکوتینیک استیل کولین در مقاومت حشراتی نظیر *Nilaparvata lugens*، *Aphis gossypii*، *Drosophila melanogaster* به ایمیداکلوپرید اثبات شده است (Crossthwaite *et al.*, 2014). در سوسک کلرادو (*Leptinotarsa decemlineata*) تغییر ناحیهٔ هدف مکانیزم اصلی مقاومت در برابر این گروه از حشره‌کش‌ها است (Nauen & Denholm, 2005). نتایج این تحقیق با به‌کارگیری سینرژیست PBO نشان داد که سیستم‌های آنزیمی مونواکسیژناز و گلوتاتیون اس‌ترانسفراز در ایجاد مقاومت جمعیت‌های تریپس پیاز جمع‌آوری‌شده نقش تعیین‌کننده‌ای نداشته‌اند و احتمالاً دیگر آنزیم‌های متابولیزکننده از جمله استرازها یا مکانیزم‌های دیگری از جمله تغییر حساسیت منطقهٔ هدف در ایجاد مقاومت نقش مهم‌تری دارند.

در مزارع انتخاب‌شده از سم استامی‌پرید برای مبارزه با تریپس پیاز استفاده نشده بود. به منظور بررسی بروز مقاومت تقاطعی نسبت به سموم گروه نئونیکوتینوئید میزان سمیت استامی‌پرید در چهار جمعیت قهدریجان، دانشگاه، برکان و زیار دارای مقاومت بالا به ایمیداکلوپرید اندازه‌گیری شد و با LC_{50} به‌دست‌آمده در جمعیت هرند مقایسه گردید (جدول۵). نتایج نشان داد که در اغلب جمعیت‌های تحت بررسی، مقاومت شایان توجهی در برابر استامی‌پرید به‌دست نیامد و تنها در جمعیت قهدریجان که بالاترین مقاومت را نسبت به سم ایمیداکلوپرید نشان داده بود (RR=۱۲/۵۶) نسبت مقاومت ۲/۳۶ برابری در برابر استامی‌پرید محاسبه گردید. پیش از این، سطوح بالایی از مقاومت تقاطعی در جمعیت‌های سفیدبالک (*Bemisia tabaci*) در ایتالیا، آلمان، مکزیک، برزیل و مراکش نسبت به سموم گروه نئونیکوتینوئید دیده شده بود (Nauen & Denholm, 2005). در جمعیت‌های زنجرک قهوه‌ای (*Nilaparvata lugens*) که به‌صورت آزمایشگاهی تحت فشار سم ایمیداکلوپرید قرار گرفته بودند، مقاومت نسبت به دیگر ترکیبات مؤثر بر گیرندهٔ استیل کولین نیکوتینی مشاهده شد (Zewen *et al.*, 2003). به نظر می‌رسد در جمعیت‌های تریپس پیاز تحت بررسی، مقاومت در برابر ایمیداکلوپرید نمی‌تواند مقاومت بالا به دیگر سموم از این گروه را به همراه داشته باشد.

جدول ۵. نرخ مقاومت چهار جمعیت تریپس پیاز مقاوم به ایمیداکلوپرید نسبت به سم استامی پرید در مقایسه با جمعیت حساس هرند

تیمار	تعداد[۱]	LC_{50}[۲]	شیب ± خطای استاندارد	χ^2[۳]	درجهٔ آزادی	نسبت مقاومت (RR)[۴]
هرند	۱۵۰	۶/۱۲ (۴/۶۸-۸/۰۰)	۲/۴۴۶±۰/۴۵۳	۳/۷۶۴	۱۰	-
زیار	۱۵۰	۵/۳۳ (۳/۸۰-۷/۳۳)	۱/۸۴۳±۰/۳۸۲	۰/۷۰۷	۱۰	۰/۸۷ (۰/۵۸-۱/۳۰)
برکان	۱۵۰	۵/۹۶ (۴/۱۱-۸/۲۹)	۲/۱۳۷±۰/۴۴۶	۳/۲۶۲	۱۰	۰/۹۷ (۰/۶۳-۱/۵۰)
قهدریجان	۲۱۰	۱۴/۴۳ (۱۱/۰۰-۱۸/۹۸)	۲/۰۴۵±۰/۲۸۵	۸/۰۵۸	۱۶	۲/۳۶ (۱/۶۳-۳/۴۲)
دانشگاه	۱۵۰	۶/۰۱ (۴/۳۳-۸/۳۸)	۱/۹۳۴±۰/۴۰۹	۲/۸۴۳	۱۰	۱/۰۲ (۰/۶۶-۱/۴۶)

۱. تعداد تریپس آزمایش شده؛ ۲. غلظت کشندهٔ ۵۰ درصد جمعیت (mg/kg)؛ ۳. مدل خطی Chi-square؛ ۴. نسبت مقاومت (حساس LC_{50} / مقاوم LC_{50})

نتیجه‌گیری کلی

در جمعیت‌های مختلف تریپس پیاز مزارع پیاز اصفهان مقاومت نسبت به ایمیداکلوپرید مشاهده شد. بیشترین مقاومت برای جمعیت تریپس پیاز منطقهٔ قهدریجان محاسبه گردید. بررسی اثر سینرژیست‌های PBO و DEM نشان داد که آنزیم‌های مونواکسیژناز و گلوتاتیون اس‌ترانسفراز در ایجاد مقاومت نقش مؤثری ندارند. همچنین میزان سمیت استامی‌پرید در جمعیت‌های مقاوم و مقایسهٔ آن با میزان سمیت جمعیت حساس نشان داد که مقاومت تقاطعی بالا در جمعیت‌های تریپس پیاز استان اصفهان بین حشره‌کش‌های ایمیداکلوپرید و استامی‌پرید از گروه نئونیکوتینوئیدها وجود ندارد.

REFERENCES

1. Bielza, P. (2008). Insecticide resistance management strategies against the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. *Pest Management Science*, 64(11), 1131-1138.

Archive of SID

www.SID.ir

2. Bielza, P., Espinosa, P., Quinto, V., Abellan, J. & Contreras, J. (2007). Synergism studies with binary mixtures of pyrethroid, carbamate and organophosphate insecticides on *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Pest Management Science*, 63(7), 84-89.
3. Broadbent, A. & Pree, D. (1997). Resistance to insecticides in populations of *Frankuniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) from greenhouses in the Niagara region of Ontario. *The Canadian Entomologist*, 129(5), 907-913.
4. Burnstone, J. A. (2009). *Investigations into the Biology and Behaviour of Thrips tabaci L*. UK: University of Warwick.
5. Capinera, J. (2001). *Handbook of Vegetable Pests*. California: Academic Press.
6. Cifuentes, D., Chynoweth, R., Guillen, J., De La Rua, P. & Bielza, P. (2012). Novel cytochrome P450 genes, *CYP6EB1* and *CYP6EC1*, are over-expressed in acrinathrin-resistant *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Economic Entomology*, 105(3), 1006-1018.
7. Crossthwaite, A. J., Rendine, S., Stenta, M. & Slater, R. (2014). Target-site resistance to neonicotinoids. *Journal of Chemical Biology*, 7(4), 125-128.
8. Diaz-Montano, J., Fuchs, M., Nault, B.A., Fail, J. & Shelton, A.M. (2011). Onion thrips (Thysanoptera: Thripidae): A global pest of increasing concern in onion. *Journal of Economic Entomology*, 104(1), 1-13.
9. Espinosa, P. J., Bielza, P., Contreras, J. & Lacasa A. (2002). Field and laboratory selection of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) for resistance to insecticides. *Pest Management Science*, 58, 920-927.
10. Espinosa, P. J., Contreras, J., Quinto, V., Gravalos, C., Fernandez, E. & Bielza, P. (2005). Metabolic mechanisms of insecticide resistance in the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Pest Management Science*, 61, 1009-1015.
11. Feng, Y., Wu, Q., Wang, S., Chang, X., Xie, W., Xu, B. & Zhang, Y. (2010). Cross-resistance study and biochemical mechanisms of thiamethoxam resistance in B-biotype *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae), *Pest Management Science*, 66, 313-318.
12. Foster, S. P., Gorman, K. & Denholm, I. (2010). English field samples of *Thrips tabaci* show strong and ubiquitous resistance to deltamethrin. *Pest Management Science*, 66(8), 861-864.
13. Gao, C.F., Ma, S.Z., Shan, C.H. & Wu, S.F. (2014). Thiamethoxam resistance selected in the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae): Cross-resistance patterns, possible biochemical mechanisms and fitness costs analysis. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 114, 90-96.
14. Gao, Y., Lei, Z. & Reitz, S. R. (2012). Western flower thrips resistance to insecticides: detection, mechanisms and management strategies. *Pest Management Science*, 68(8), 1111-1121.
15. Herron, G. A., James, T. M., Rophial, J. & Mo, J. (2008). Australian populations of onion thrips, *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae), are resistant to some insecticides used for their control. *Australian Journal of Entomology*, 47(4), 361-364.
16. Herron G. A., Rophail, J. & James, T. M. (2006). A method to bioassay onion thrips, *Thrips tabaci* Lindeman (thysanoptera: Thripidae) for pesticide response. *Genetic and Applied Entomology*, 35, 15-19.
17. Jensen, S. E. (2000). Insecticide resistance in the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. *Integrated Pest Management Review*, 5, 131-146.
18. Lewis, T. (1997). Field and Laboratory Techniques. In Lewis, T. (Ed.). *Thrips as crop pests*. (pp. 435-475). CAB, Wallingford, Oxon, UK.
19. Martin, N., Workman, P. & Butler, R. (2003). Insecticide resistance in onion thrips (*Thrips tabaci*) (Thysanoptera: Thripidae). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 31(2), 99-106.
20. Martin, N., Workman, P. & Butler, R. (2005). Insecticide bioassays for western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*) (Thysanoptera: Thripidae) and greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) (Hemiptera: Aleyrodidae). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 33(2), 177-184.
21. Martin, N., Workman, P. J., Hedderly, D. & Fagan, L. L. (2008). Monitoring onion (*Allium cepa*) crops for onion thrips (*Thrips tabaci*) (Thysanoptera: Thripidae): testing a commercial protocol. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 36(2), 145-152.
22. Modarres Avval, M. (2011). *List of agricultural pests and their natural enemies*. Mashhad: Ferdowsi University Press. (in Farsi)
23. Nauen, R. & Denholm, I. (2005). Resistance of insect pests to neonicotinoid insecticides: current status and future prospects. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 58(4), 200-215.
24. Richardson, B. & Wene, G. (1956). Control of onion thrips and its tolerance to certain chlorinated hydrocarbons. *Journal of Economic Entomology*, 49(3), 333-335.
25. The Arthropod Pesticide Resistance Database (ARPD). (2014). Available in http://www.irac-online.org.

Archive of SID

www.SID.ir

26. Yu, S.J. (2008). *The toxicology and biochemistry of insecticides*. CRC Press, Taylor & Francis Group. Boca Raton, FL.
27. Zhao, G., Liu, W.E.I., Brown, J.M. & Knowles, C.O. (1995). Insecticide resistance in field and laboratory strains of western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Economic Entomology*, 88(5), 1164-1170.
28. Zewen, L., Zhaojun, H., Yinchang, W., Lingchun, Z., Hongwei, Z. & Chengjun, L. (2003). Selection for imidacloprid resistance in *Nilaparvata lugens*: cross-resistance patterns and possible mechanisms. *Pest Management Science*, 59(12), 1355-1359.

Archive of SID

www.SID.ir